

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Januar 2002 (24.01.2002)

PCT

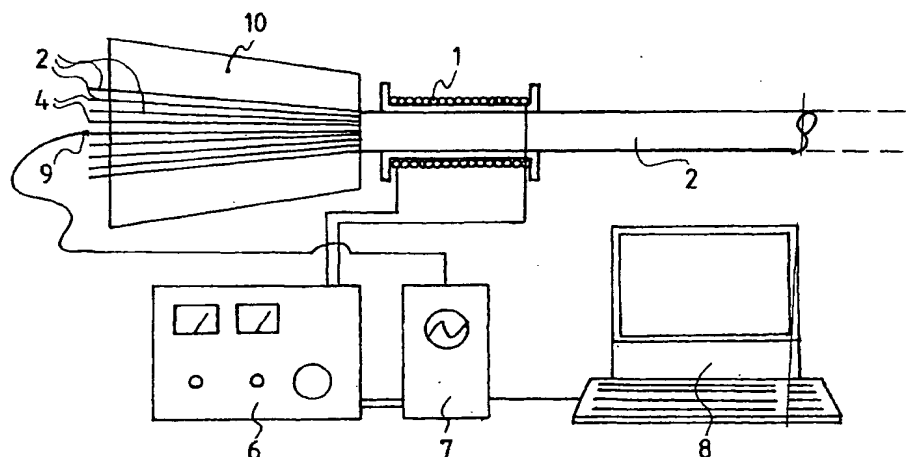
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/06812 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01N 27/82
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH01/00401
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2001 (26.06.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
1384/00 13. Juli 2000 (13.07.2000) CH
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT EMPA [CH/CH]; Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BERGAMINI, Andrea, E. [CH/CH]; Oberseglingerstrasse 12b, CH-8193 Eglisau (CH).
- (74) Anwalt: FELBER & PARTNER; Dufourstrasse 116, CH-8034 Zürich (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION OF STEEL CABLES IN ANCHORAGES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN PRÜFUNG VON STAHLSEILEN IN VERANKERUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for the non-destructive examination of steel cables in anchorages. The inventive method is based on a magnetic flux measurement. A magnetic field B is induced in the cable (2) to be examined by means of a coil (1). The magnetic flux lines (3) are concentrated in the steel as compared to the surroundings due to the higher magnetic permeability of the steel and extend approximately in parallel to the wire axis. The flux of the magnetic field can be measured on the front face (4) of every undamaged wire (2) through the end face (4) of the cable (2). If, as shown in Figure 1b, a break (5) perpendicular to the longitudinal axis of the cable (2) is present between the coil (1) and the end face (4) of the wire (2), the magnetic flux is weaker or reduced on the end face (4) of the wire (2). The break width of the gap (5) influences the magnetic flux, measured on the end face (4) of the wire (2). For a cable that consists of a plurality of wires the measurement of the magnetic flux on the end face (4) of every single wire (2) can be used to determine whether the wire is still in a good condition or if it is cracked or completely broken.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BEST AVAILABLE COPY

WO 02/06812 A1



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren basiert auf einer Magnetflussmessung. Ein Magnetfeld B wird mittels einer Spule (1) in das zu untersuchende Seil (2) induziert. Die Feldlinien (3) werden aufgrund der grösseren magnetischen Permeabilität des Stahls (2) im Vergleich zur Umgebung in denselben konzentriert und verlaufen annähernd parallel zur Drahtachse. An der Stirnseite (4) jedes unversehrten Drahtes (2) ist der Fluss des Magnetfeldes durch die Endfläche (4) des entsprechenden Drahtes (2) messbar. Wenn wie in Figur 1b dargestellt ein Bruch (5) senkrecht zur Längsachse des Seiles (2) zwischen der Spule (1) und der Endfläche (4) des Drahtes (2) vorhanden ist, wird der Magnetfluss an der Endfläche (4) des Drahtes (2) geschwächt oder reduziert. Die Bruchweite des Spaltes (5) beeinflusst den Magnetfluss, gemessen an der Endfläche (4) des Drahtes (2). Bei einem Seil, das aus mehreren Drähten besteht, kann nun durch eine Messung des magnetischen Flusses an der Endfläche (4) jedes einzelnen Drahtes (2) festgestellt werden, ob der Draht noch in einem guten Zustand ist oder etwa angerissen oder ganz gebrochen ist.

Verfahren und Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Stahlseilen in Verankerungen

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für die zerstörungsfreie Prüfung von Stahlseilen in ihren endseitigen Verankerungen. Unter dem Begriff Stahlseil oder Seil werden im Folgenden verschlossene Seile, Litzenseile, Paralleldraht-Seile, externe Spannglieder etc. verstanden. Solche Stahlseile, die als tragende Elemente von Brücken und anderen Bauwerken eingesetzt werden, müssen von Zeit zu Zeit auf ihren Zustand hin überprüft werden, um die Sicherheit und Tragfähigkeit der damit ausgerüsteten Bauwerke zu gewährleisten.

[0002] Aufgrund der mehrachsigen Spannungszustände und Spannungskonzentrationen, die im Ankerbereich eines Spanngliedes oder Drahtseiles herrschen, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass es im Verankerungsbereich zu Brüchen des Seiles oder einzelner Drähte des gespannten Seiles kommt. Eine Prüfung gerade dieser Verankerungsbereiche der Seile ist deshalb von grosser Bedeutung.

[0003] Während die zerstörungsfreie Untersuchung von Seilen grösseren Durchmessers nach Störstellen mittels magnetischer Methoden über deren freien Län-

gen, also dort, wo die Seile frei zugänglich sind, im Prinzip bekannt ist, wenngleich dieses Prüfverfahren noch kein gängiges und besonders verbreitetes Verfahren ist, unterblieb bisher die systematische Prüfung der Seile in den Verankerungsstellen. Besteht aufgrund von Augenscheinnahmen oder anderer Zustandsprüfungen der Seile Verdacht auf Korrosion, so werden die Seile vollständig freigelegt, was natürlich umfangreiche Sicherungsvorkehrungen nötig macht, egal, ob sich der Verdacht bestätigt oder nicht. Werden zum Beispiel die Drahtseile einer Hängebrücke aus ihren Verankerungsstellen gelöst, so muss die Brücke für die Zeit, während derer die Seile ersetzt werden, von behelfsmässigen Mitteln getragen werden. Es leuchtet ein, dass die damit zusammenhängenden Arbeiten erstens sehr aufwändig und zweitens entsprechend teuer sind. So oder so werden deshalb die einmal freigelegten Seile gleich ersetzt. Bisher bildete also die schlechte Zugänglichkeit des Einspannbereiches von Seilen ein wesentliches Hindernis für deren Kontrolle innerhalb der Verankerung. Die nach Möglichkeit zerstörungsfreie Untersuchung des Einspannbereiches (Anker) solcher belasteter Seile nach Brüchen, welche die Tragfähigkeit beeinträchtigen könnten, blieb daher bis heute eine offene Fragestellung. Würde eine solche Prüfung möglich, so könnte auch das Sicherheitsrisiko vermieden werden, das im Zuge von vorzunehmenden Lastwechseln bei sich unnötig erweisendem Seilersatz unvermeidbar ist.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von verankerten Seil-Endabschnitten anzugeben. Das Verfahren soll es also ermöglichen, die Seile im Einspannbereich zuverlässig zu prüfen, ohne dass deren Verankerung zerstört werden muss und die Seile freigelegt werden müssen. Die Prüfung soll also am belasteten Seil erfolgen und das zu prüfende Objekt soll für die Prüfung unversehrt und während der Prüfung voll funktionstüchtig bleiben. Ausserdem ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine geeignete Vorrichtung zur Durchführung dieses Prüfverfahrens anzugeben.

[0005] Die gestellten Aufgaben werden einerseits gelöst von einem Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Stahlseilen in Verankerungen, wobei die Stirnseiten der einzelnen Drähte der Seile zugänglich sind oder zunächst freigelegt wer-

den, wobei sich das Verfahren dadurch auszeichnet, dass vor dem verankerten Endabschnitt des Seiles um den freiliegenden Teil des belasteten Seiles eine Spule angelegt wird und nach Anlegen einer elektrischen Spannung die Magnetflüsse an jedem einzelnen Draht des Seiles an dessen Stirnseite gemessen werden und die einzelnen Werte miteinander verglichen werden.

[0006] Weiter wird die Aufgabe gelöst von zwei Varianten einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Prüfverfahrens. Die erste Variante zeichnet sich dadurch aus, dass sie einen längs seiner Achse in zwei oder mehr Segmente aufgeteilten Spulenkörper aufweist, dessen Segmente unter Umfassung des zu prüfenden Seiles passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, weiter eine zugehörige Wickeleinrichtung zum Bewickeln des zusammengesetzten Spulenkörpers mit isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht, weiter eine zugehörige Stromquelle mit Funktionsgenerator für Gleich- und/oder Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule, sowie ein Datenerfassungsgerät mit Magnetfluss-Messsonde, mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähte des zu prüfenden Seiles an deren Stirnflächen messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.

[0007] Die zweite Variante der Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass sie eine längs ihrer Wickelachse entzweigeschnittene Spule aus isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht aufweist, welche zwei Spulenhälften unter Umfassung des zu prüfenden Seils derart passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, dass die einzelnen, einander zugehörigen Drähte der Wicklungsabschnitte der beiden Spulenhälften leitend verbunden sind, weiter eine zugehörige Stromquelle mit Funktionsgenerator für Gleich- und/oder Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule, sowie ein Datenerfassungsgerät mit Magnetfluss-Messsonde, mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähten des zu prüfenden Seiles an den Stirnseiten messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.

[0008] In den Zeichnungen sind beispielsweise Ausführungen solcher Vorrichtungen zur Durchführung des Prüfverfahrens schematisch dargestellt. Ihr Aufbau und

ihre Funktion sowie das mit ihnen durchführbare Verfahren werden in der nachfolgenden Beschreibung im einzelnen erläutert.

Es zeigt:

- Figur 1a+b : Eine schematische Darstellung einer Prüfanordnung zur Erläuterung des Messprinzips;
- Figur 2 : Eine erste Vorrichtung zur Durchführung der zerstörungsfreien Stahlseilprüfung im Verankerungsbereich schematisch dargestellt, wobei das Seil, seine Verankerung und die Spule in einem Längsschnitt dargestellt sind;
- Figur 3a-d : Einige praktisch erzielte Messresultate in Form von Diagrammen;
- Figur 4 : Eine Vorrichtung mit einem in zwei Segmente aufgeteilten Spulenkörper und zugehöriger Wickeleinrichtung;
- Figur 5 : Eine Vorrichtung mit einem in eine Vielzahl von Segmenten aufgeteilten Spulenkörper;
- Figur 6 : Eine Vorrichtung mit zweigeteilter Spule.

[0009] In Figur 1a und 1b ist eine Prüfanordnung schematisch dargestellt, um zunächst das Messprinzip zu erläutern. Es basiert wie auch die Untersuchung der freien Länge von Seilen auf der Wechselwirkung zwischen einem ferromagnetischen Material, typischerweise eines Stahles, und einem geeigneten induzierten Magnetfeld. Von entscheidender Bedeutung ist die Tatsache, dass ein Ferromagnet aufgrund seiner sehr hohen magnetischen Permeabilität, die in der Grössenordnung bis etwa das 100'000-fache der Permeabilität im Vakuum ausmacht, als 'Leiter' in einem Magnetfeld wirkt, ähnlich wie etwa Kupfer als Leiter in einem elektrischen Feld wirkt. Um festzustellen ob ein elektrischer Leiter unterbrochen

ist, kann man messen, ob beim Anlegen einer elektrischen Spannung in diesem Leiter Strom fliesst oder nicht, und wenn ja wieviel. Aufgrund der Grösse des elektrischen Stromes, der durch den Leiter fliesst, kann man den effektiven elektrischen Widerstand des ansonsten in bezug auf Material, Temperatur und Geometrie bekannten Leiters ermitteln und somit eine Aussage über den Zustand des Leiters treffen. Bei der Messung des magnetischen Flusses etwa in den Drähten eines Stahlseils geht man nach einem ähnlichen Prinzip vor: Ein Magnetfeld B wird wie in Figur 1a dargestellt mittels einer Spule 1 in den zu untersuchenden Draht 2 induziert. Die Feldlinien 3 werden aufgrund der grösseren magnetischen Permeabilität des Stahls des Drahtes 2 im Vergleich zur Umgebung in denselben konzentriert und verlaufen annähernd parallel zur Drahtachse. An der Stirnseite 4 jedes unversehrten Drahtes 2 eines Drahtseiles ist der Fluss des Magnetfeldes durch die Endfläche 4 des entsprechenden Drahtes 2 einzeln messbar. Die Grösse des Magnetflusses hängt dabei von folgenden Grössen ab:

1. vom Durchmesser des Drahtes,
2. von der materialspezifischen Permeabilität des Drahtes,
3. vom Abstand zwischen der Spule und der Stirnfläche des Drahtendes,
4. vom Strom, der durch die Spule fliesst, und
5. von der Geometrie der Spule (Durchmesser und Anzahl Windungen).

[0010] Wenn wie in Figur 1b dargestellt ein Bruch 5 senkrecht zur Längsachse eines Drahtes 2 zwischen der Spule 1 und der Endfläche 4 des Drahtes 2 vorhanden ist, wird der Magnetfluss an der Endfläche 4 des Drahtes 2 geschwächt oder reduziert. Zusätzlich zu den obengenannten Grössen hat auch die Bruchweite, das heisst die Breite des entstandenden Spaltes 5, einen Einfluss auf den Fluss des Magnetfeldes B , gemessen an der Endfläche 4 des Drahtes 2. Bei einem Spannglied oder Seil, das aus mehreren Drähten besteht, kann nun durch eine Messung des magnetischen Flusses an der Endfläche 4 jedes einzelnen Drahtes 2 festgestellt werden, ob der Draht noch in einem guten Zustand ist oder etwa angerissen oder ganz gebrochen ist.

[0011] Da bei einem realen System das Magnetfeld B nicht völlig homogen über den ganzen Querschnitt des Spanngliedes 2 oder des Seiles 2 ist und auch nicht

exakt berechenbar ist, muss man den magnetischen Fluss an einem einzelnen Draht 2 mit dem Fluss an den Drähten in einer geometrisch äquivalenten Lage im Seil, das heisst mit gleichem Abstand von der Zentralachse des Seils, vergleichen. Eine Abweichung des Signals, das am Ende eines einzelnen Drahtes gemessen wird, im Vergleich zu den gemessenen Signalen an den anderen Drähten mit äquivalenter geometrischer Lage zeigt an, dass der betreffende Draht möglicherweise beschädigt ist. Durch Anwendung eines geeigneten Rechenmodells kann der Vergleich der Messwerte von Drähten in unterschiedlichen Lagen erleichtert werden und es kann rasch und mit grosser Zuverlässigkeit eine Aussage über den Zustand der einzelnen Drähte und des Seiles insgesamt gemacht werden.

[0012] In Figur 2 ist eine Vorrichtung zur Durchführung der zerstörungsfreien Seilprüfung im Verankerungsbereich schematisch dargestellt, wobei das Seil, seine Verankerung 10 und die Spule 1 in einem Längsschnitt dargestellt sind. Grundsätzlich besteht die Vorrichtung aus einer Spule 1, einer Stromquelle 6 mit einem Funktionsgenerator 7, sowie aus einer Datenerfassungseinheit 8 mit einer Magnetfluss-Messsonde 9. Das zu prüfende Seil 2 steckt in der Verankerung 10, wobei die Enden der einzelnen Drähte des Seiles 2 aus der Verankerung 10 ragen oder zumindest mit dieser bündig sind, sodass die Stirnseiten 4 dieser Drähte 2 also zugänglich sind. Die Zugänglichkeit dieser Stirnseiten 4 ist ein grundsätzliches Erfordernis für die Anwendung der Prüfmethode. Wo die Stirnseiten 4 etwa verdeckt oder in den Verankerungskörper 10 eingegossen sind, müssen sie zunächst freigelegt werden. Dieses Freilegen kann aber in der Praxis erfolgen, ohne dass die Verankerung 10 des Seiles 2 selbst geschwächt wird. Das Material jenseits der Endflächen 4 nimmt nämlich keine Spannungskräfte mehr auf und nach erfolgter Prüfung können die Stirnseiten 4 wie zuvor vergossen werden oder mit anderen Schutzmitteln abgedeckt werden. Oftmals ragen die Endabschnitte jenseits des Verankerungskörpers 10 eines Seilendes um einige Zentimeter aus diesem heraus und sind mit einer Schutzkappe abgedeckt. In diesem Fall muss bloss die Schutzkappe entfernt werden und schon kann das Prüfverfahren angewendet werden. Die Prüfung kann also zerstörungsfrei erfolgen, das heisst die Verankerung 10 muss nicht zerstört werden und die Funktionsfähigkeit zum Beispiel einer

Brücke bleibt somit während der Prüfung voll erhalten. Für die praktische Durchführung wird die Spule 1 um das zu prüfende Seil 2 angelegt, und die Stromquelle 6 liefert eine vom Funktionsgenerator 7 bestimmte Gleich- oder Wechselspannung, welche an diese Spule 1 angelegt wird. Nun wird der im Seil 2 induzierte Magnetfluss mittels Anlegen der Magnetfluss-Messsonde 9 an die einzelnen Drähte des Seiles gemessen. Bei dieser Magnetfluss-Messsonde 9 kann es sich um einen Hall-Generator handeln, aber auch Magnetoresistoren oder andere Solid-State-Sensoren können eingesetzt werden. Die gemessenen Magnetflüsse an den Stirnseiten jedes einzelnen Drahtes werden in der Datenerfassungseinheit 8 gespeichert. Als Datenerfassungsanlage eignet sich ein Messrechner mit einer mehrkanaligen AD Wandlerkarte, weil ja mehrere Objekte bzw. Drähte im gleichen Vorgang untersucht werden. Wenn die Drähte unversehrt sind, sollte der Magnetfluss aller jeweils zur Seil-Längsachse konzentrischen Drähte identisch sein. Zu jedem radialen Abstand von der Seil-Längsachse, in welchem einzelne Drähte liegen, gehört ein typischer Magnetfluss. Die Magnetflüsse an all diesen Drähten können nun miteinander verglichen werden, und das für jede radiale Lage der vorhandenen Drähte.

[0013] Die Figuren 3a-d zeigen einige praktisch erzielte Messresultate in Form von Diagrammen, wobei auf der Abszisse der Spulenstrom I in [kA] aufgetragen wurde, und auf der Ordinate das an der Hallsonde gemessene Signal U in [mV]. Diese Messresultate wurden mit Probemessungen an zwei Einzeldrähten ermittelt. Die einzelnen Stahldrähte hatten einen Durchmesser von 17mm. Es wurden zwei Drähte aus unterschiedlichen Stahlsorten, nämlich einmal aus rostfreiem Stahl (magnetisch weich) und einmal aus Baustahl (magnetisch hart) untersucht. Eine Nullmessung wurde an unversehrten Drähten durchgeführt (NO d). Danach wurde je ein Abschnitt von 100mm Länge am Ende jedes Drahtes abgetrennt und hernach wieder angesetzt, um einen Spalt d zu erzeugen. Flussmessungen an der Stirnseite der Drähte wurden hernach bei variablen Bruchweiten bzw. Spaltbreiten ($d = 0\text{mm}$, $d = 2\text{mm}$, $d = 5\text{mm}$, $d = 10\text{mm}$) durchgeführt, um Brüche verschiedener Weite zu simulieren. Der Einfluss des Abstandes der Erregerspule zur Messstelle wurde ebenfalls untersucht. Die Menge der erfassten Informationen und somit die Zuverlässigkeit der Messung wurde damit erhöht, dass Wechsel-

strom für die Messung verwendet wurde, und dass der Fluss als Funktion des Spulenstroms gemessen wurde. Die gemessene Kurve ist ein Ausdruck des typischen Hysterese-Verhalten der untersuchten ferromagnetischen Werkstoffe.

[0014] Wie es aus den Graphiken ersichtlich ist, hat das Einbringen einer Bruchstelle in die Stahldrähte einen klaren Einfluss auf die gemessenen Magnetflüsse. Die mittlere Steigung der Kurven nimmt mit zunehmender Bruchweite ab, unabhängig vom Abstand zwischen Erregerspule und Messstelle. Das Diagramm gemäss Figur 3a wurde mit einem Draht ($\varnothing = 17\text{mm}$) aus rostfreiem Stahl ermittelt. Der Abstand zwischen Spule und Messstelle betrug 100mm. Im Diagramm nach Figur 3b sind die Hysteresekurven für dieselben Bruchweiten d angegeben, jedoch mit einem auf 300mm vergrösserten Abstand zwischen Spule und Messstelle. In Figur 3c ist die Hysteresekurve mit denselben Bruchweiten gezeigt, jedoch ermittelt an einem magnetisch harten Baustahldraht ($\varnothing = 17\text{mm}$). Figur 3c zeigt die Ergebnisse bei einem Abstand zwischen Spule und Messstelle von 100mm und Figur 3d bei einem solchen von 300mm.

[0015] Die Figur 4 zeigt eine Vorrichtung mit einem in zwei Segmente aufgetrennten Spulenkörper 11 aus Aluminium oder Kunststoff und zugehöriger Wickeleinrichtung 12 zur Durchführung des Prüfverfahrens. Ein solcher Spulenkörper 11 weist eine ungefähre Länge von 400mm auf und hat einen lichten Innendurchmesser von etwas mehr als 200mm, um Seile bis zu einer üblichen Stärke von 200 mm \varnothing prüfen zu können. Die beidseitigen Flansche überragen die Spulenkörperoberfläche um ca. 40 mm. Die Dimensionen können jedoch in der Praxis von diesen beispielsweise Angaben abweichen. Neben diesen Vorrichtungskomponenten ist eine Stromquelle 6 mit Funktionsgenerator 7 sowie ein Datenerfassungsgerät 8 mit der eigentlichen Messsonde 9 nötig. Indessen geht es hier vornehmlich um das Anbringen der Spule 1 um den frei zugänglichen Teil des zu prüfenden Seiles 2. Man kann ja mit der Spule 1 nicht einfach von einem freien Ende her über das Seil 2 fahren, sondern muss sie im freiliegenden Teil direkt platzieren. Die beiden Hälften 13,14 des Spulenkörpers 11 werden hierzu um den frei zugänglichen Teil des zu prüfenden Seil-Endabschnittes 2 gelegt und mittels beidseits an den Spulenflanschen angebrachter Schnallen 15,16 fest mit-

einander verbunden, wie das hier gezeigt ist. Auf der hinteren Seite ist die Seil-Verankerung 10 aus zum Beispiel Beton, Kunststoff oder einem anderen eingesetzten Material angedeutet. Der Spulenkörper 11 wird so nahe wie möglich am Ende des zu prüfenden Seilabschnittes platziert, also möglichst nahe an der Verankerung 10, damit die Messunterschiede zwischen unversehrten und beschädigten Drähten umso deutlicher sind. Nachdem die beiden Hälften 13,14 des Spulenkörpers 11 um das Seil 2 angelegt sind, wird der isolierte Kupferdraht 17 auf den Spulenkörper aufgewickelt. Auf der Innenseite der beiden Hälften 13,14 des Spulenkörpers 11 können Kunststoff-Gleitlager 18 eingesetzt werden, damit der Spulenkörper 11 leicht und ohne Beschädigungen am Drahtseil 2 zu bewirken um dasselbe drehbar ist. Die Gleitlager 18 können in verschiedenen Grössen eingesetzt werden, mit verschiedenen lichten Innendurchmessern, sodass ein und derselbe Spulenkörper 11 für Seile 2 unterschiedlicher Stärken verwendet werden kann. Das Drehen des Spulenkörpers 11 zum Aufbringen der Wicklung kann von Hand erfolgen, vorteilhaft ist jedoch der Einsatz einer Wickeleinrichtung 12, die hier aus einem Elektromotor 19 besteht, dessen Abtriebsachse über ein Untersetzungsgetriebe 20 ein Zahnrad 21 antreibt, welches in Eingriff mit einem Zahnkranz 22 am Spulenkörper 11 gebracht wird. Dieser Zahnkranz 22, über den das Zahnrad 21 beim Montieren der Wickeleinrichtung 12 geschoben wird, besteht aus hier zwei Segmenten, die aussen an den Flanschen der beiden Spulenkörperhälften 13,14 angebracht sind. Die Wickeleinrichtung 12 wird mittels einer Muffe 23 aus zwei zueinander scharnierenden Halbschalen an das Seil 2 montiert, indem die Muffe durch Zusammenschrauben fest auf dem Seil verspannt wird. Jetzt kann der Spulenkörper 11 motorisch angetrieben gedreht werden und das isolierte Kupferkabel 17 auf ihn aufgewickelt werden. Man verwendet Kupferdrähte mit einer Stärke von 2mm bis 5mm und legt etwa 200 Windungen an, was 1 bis 3 Lagen entspricht. Die fertig gewickelte Spule 1 wird vor ungewollter Abwicklung gesichert und hernach kann die Mess-Spannung angelegt werden und mit der Messsonde 9 der Magnetfluss an jedem einzelnen Draht des Seiles 2 an seiner Stirnseite jenseits der Verankerung 10 vermessen werden.

[0016] In Figur 5 ist ein Teil eines Spulenkörpers 11 gezeigt, der aus einer Vielzahl von Aluminium-Segmenten 31,32,33,... aufgebaut ist. Diese einzelnen, ne-

beneinander angeordneten Segmente 31,32,33,... sind an ihren Enden mittels Kettengliedern 34 miteinander gelenkig verbunden. Es werden so viele Segmente eingesetzt und miteinander verbunden wie nötig sind, um den ganzen Umfang des Seiles 2 zu umfassen. Die Kettenglieder 34 können längs des Umfanges des Spulenkörpers 11 verspannt werden, sodass also dieser Spulenkörper 11 mit einer bestimmten Anzahl Segmenten über ein gewisses Mass erweitert oder verengt und somit an einen bestimmten Seildurchmesser angepasst werden kann. Er wird so aufgebaut, dass er mit einem möglichst kleinen Luftspalt zum Seil angelegt ist. Auf beiden Seiten weist der so aufgebaute Spulenkörper 11 mehrere Fahrwerke 35,38 mit daran montierten Rollen 36,39 auf. Die einen Rollen 39 sind schwenkbar an den Fahrwerken 38 gelagert und können je nach Einstellung sowohl in Umfangsrichtung wie auch in axialer Richtung auf dem Seil 2 abrollen. Die anderen Rollen 36 laufen auf einer Ebene um den Umfang, die senkrecht zur Seilachse 2 verläuft. Dank der Rollen 39, die zunächst in die Lage geschwenkt werden, dass sie in axialer Richtung abrollen, kann der Spulenkörper 11 nach dem Anlegen zunächst in axialer Richtung des Seiles 2 an die gewünschte Stelle verschoben werden, wo das Magnetfeld induziert werden soll. Dort wird eine Spannkette 37 als Längsanschlag des Spulenkörpers 11 um das Seil 2 gespannt, sodass also die Rollen 36 an der Spannkette 37 anliegen. Meist verläuft ja das zu prüfende Seil 2 schief zum Lot. Der Spulenkörper 11 wird deshalb von der Schwerkraft längs des Seiles 2 nach abwärts gezogen und von der Spannkette 37 gehalten. Die Rollen 39 werden nun in die in der Figur 5 gezeigte Position geschwenkt, sodass sie also Längs des Umfanges des Seils 2 abrollen. Jetzt kann der Spulenkörper 11 leicht gedreht werden, um die Wicklung anzubringen, was entweder von Hand oder wie schon beschrieben mittels einer Wickeleinrichtung motorisch erfolgen kann.

[0017] In Figur 6 ist eine alternative Spule 1 gezeigt. Es handelt sich um eine komplette, jedoch zweigeteilte Spule, die also längs ihrer Achse samt der Wicklungen 28 in zwei identische Hälften 24,25 geteilt ist. Der Wickeldraht wird beim Wickeln der Spule mit einem geeigneten, hochtemperaturfesten Klebstoff auf dem Aluminium-Spulenkörper verleimt, sodass das ganze Wickelpaket fest auf dem zunächst einstückigen Spulenkörper gehalten ist. Anstelle der Fixierung der

Wicklung mittels eines Klebstoffes kann die Fixierung der Wicklung auch mittels halbzylindrischer Schalen erfolgen, indem man dieselben von aussen auf die Wicklungen aufsetzt und sie auf ihnen mechanisch fest verspannt, sodass sie die darunterliegenden satten Windungen der Wicklung unverrückbar halten. Hernach wird die Spule hochpräzise halbiert, vorzugsweise mittels Laserschneiden. Die beiden Spulenkörperteile 24,25 sind aus Aluminium gefertigt und ihre beim Zusammenfügen aufeinander zu liegen kommenden Flächen 26,27 werden mit Nut und Feder oder Nocken 28 und Bohrungen 29 versehen, sodass die beiden Spulenkörperteile 24,25 in einer genau definierten Lage zueinander miteinander verschraubt werden können. Zum Verschrauben dienen hier sekantenförmige Bohrungen 30 an den Flanschen, durch welche Schrauben gesteckt werden können. Werden die beiden Spulenhälften in dieser Weise miteinander verschraubt, so wird sichergestellt, dass die jeweils zugehörigen Drähte der beiden Wicklungshälften wieder leitfähig miteinander verbunden werden, sodass die Spule ihre Induktionsfunktion nahezu verlustfrei zurückerhält. Eine derartig teilbare Spule 1 lässt sich vor Ort sehr rasch anlegen, weil das Wickeln entfällt, und somit ist das Prüfverfahren am Objekt in sehr viel kürzerer Zeit durchführbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Stahlseilen (2) in Verankerungen, wobei die Stirnseiten (4) der einzelnen Drähte der Seile (2) zugänglich sind oder zunächst freigelegt werden, *dadurch gekennzeichnet*, dass vor dem verankerten Endabschnitt des Seiles (2) um den freiliegenden Teil des belasteten Seiles (2) eine Spule (1) angelegt wird und nach Anlegen einer elektrischen Spannung die Magnetflüsse an jedem einzelnen Draht des Seiles (2) an dessen Stirnseite (4) gemessen werden und die einzelnen Werte miteinander verglichen werden.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie einen längs seiner Achse in zwei oder mehr Segmente (13,14;31,32,33,...) aufgeteilten Spulenkörper (11) aufweist, dessen Segmente (13,14;31,32,33,...) unter Umfassung des zu prüfenden Seiles (2) passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, weiter eine zugehörige Wickeleinrichtung (12) zum Bewickeln des zusammengesetzten Spulenkörpers (11) mit isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht (17), weiter eine zugehörige Stromquelle (6) mit Funktionsgenerator (7) für Gleich- und/oder Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule (1), sowie ein Datenerfassungsgerät (8) mit Magnetfluss-Messsonde (9), mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähten des zu prüfenden Seiles (2) an deren Stirnflächen messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie einen längs seiner Achse in zwei Segmente (13,14) entzweigeschnittenen Spulenkörper (11) aufweist, dessen zwei Segmente (13,14) unter Umfassung des zu prüfenden Seiles (2) passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, weiter eine zugehörige Wickeleinrichtung (12) zum Bewickeln des zusammengesetzten Spulenkörpers (11) mit isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht (17), weiter eine zugehörige Stromquelle (6) mit Funktionsgenerator (7) für Gleich- und/oder

Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule (1), sowie ein Datenerfassungsgerät (8) mit Magnetfluss-Messsonde (9), mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähten des zu prüfenden Seiles (2) an den Stirnflächen messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Wickeleinrichtung (12) einen Zahnkranz (22) aus zwei am einen Spulenflansch angebrachten Segmenten einschliesst, sowie einen Elektromotor (19) mit Untersetzungsgetriebe (20) und Zahnrad (21), sowie einer Muffe (23) aus zwei zueinander scharnnierenden Halbschalen zur Montage des Elektromotors (19) am Seil (2), wobei das Zahnrad (21) in Montagelage mit dem Zahnkranz (22) in Eingriff steht.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie einen längs seiner Achse in mehrere Segmente (13,14;31,32,33,...) aufgeteilten Spulenkörper (11) aufweist, dessen Segmente (13,14;31,32,33,...) unter Umfassung des zu prüfenden Seiles (2) passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, weiter eine zugehörige Wickeleinrichtung (12) zum Bewickeln des zusammengesetzten Spulenkörpers (11) mit isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht (17), weiter eine zugehörige Stromquelle (6) mit Funktionsgenerator (7) für Gleich- und/oder Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule (1), sowie ein Datenerfassungsgerät (8) mit Magnetfluss-Messsonde (9), mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähten des zu prüfenden Seiles (2) an deren Stirnflächen messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass der zusammengesetzte Spulenkörper (11) mehrere Fahrwerke (35,38) mit daran montierten Rollen (36,39) aufweist, wobei die einen Rollen (39) schwenkbar an den Fahrwerken (38) gelagert sind und je nach Einstellung sowohl in Umfangsrichtung wie auch in axialer Richtung auf dem Seil (2)

abrollbar sind, während die anderen Rollen (36) längs des Umfangs des Seiles (2) auf einer Ebene abrollbar sind, die senkrecht zur Seilachse verläuft.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie eine längs ihrer Wickelachse entzweigeschnittene Spule (1) aus isoliertem, elektrisch leitfähigem Draht aufweist, welche zwei Spulenhälften (24,25) unter Umfassung des zu prüfenden Seiles (2) derart passgenau miteinander lösbar verbindbar sind, dass die einzelnen, einander zugehörigen Drähte der Wicklungsabschnitte der beiden Spulenhälften (24,25) leitend verbunden sind, weiter eine zugehörige Stromquelle (6) mit Funktionsgenerator (7) für Gleich- und/oder Wechselstrom zur Induzierung eines Magnetfeldes mit der angelegten Spule (1), sowie ein Datenerfassungsgerät (8) mit Magnetfluss-Messsonde (9), mittels dessen die Magnetflüsse in den einzelnen Drähten des zu prüfenden Seiles (2) an den Stirnseiten messbar und zur weiteren Datenverarbeitung einzeln abspeicherbar sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die beiden Spulenhälften (24,25) je eine Wicklungshälfte tragen, wobei die Drähte jeder Wicklungshälfte fest mit der jeweiligen Spulenkörperhälfte und den benachbarten Drähten der Wicklungshälfte verleimt sind, sowie dass die beim Zusammenfügen der Spulenhälften (24,25) die aufeinander zu liegen kommenden Flächen (26,27) mit Nut und Feder oder Nocken (28) und Bohrungen (29) versehen sind, sodass die beiden Spulenkörperteile (24,25) in einer genau definierten Lage zueinander miteinander verschraubbar sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die beiden Spulenhälften (24,25) je eine Wicklungshälfte tragen, wobei die Wicklungshälften mittels halbzylindrischer Schalen von aussen fest mit der jeweiligen Spulenkörperhälfte verspannt sind, sodass diese die darunterliegenden satten Windungen der Wicklung unverrückbar halten.

Fig. 1a

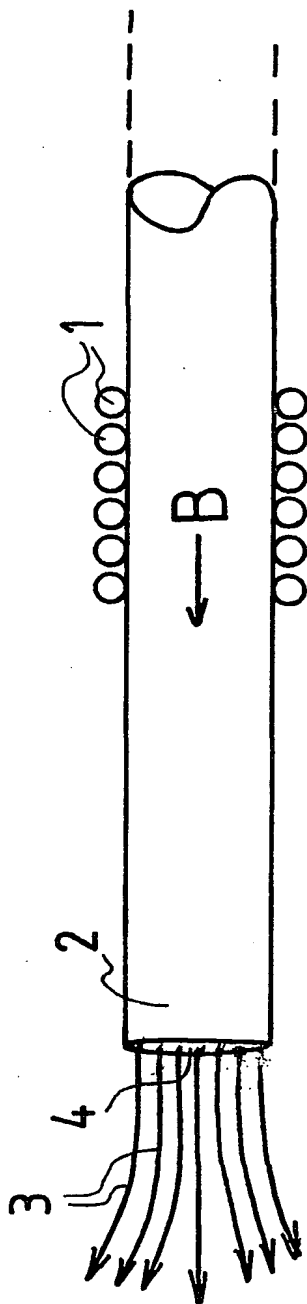
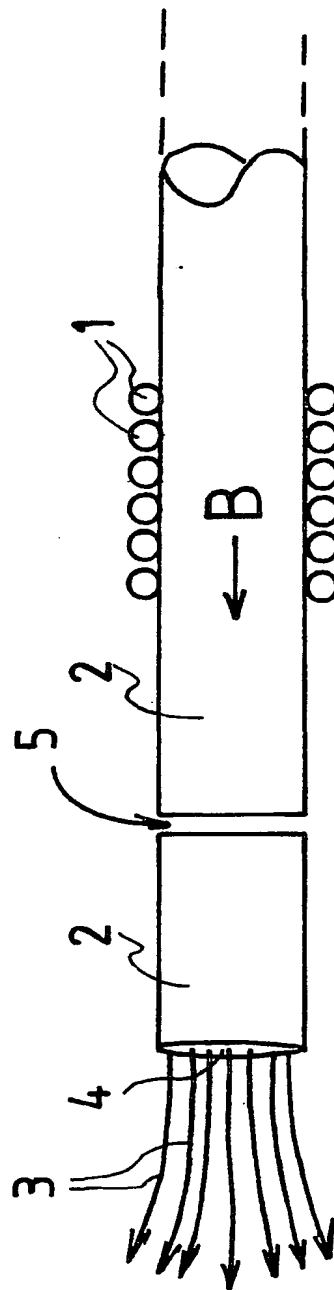


Fig. 1b



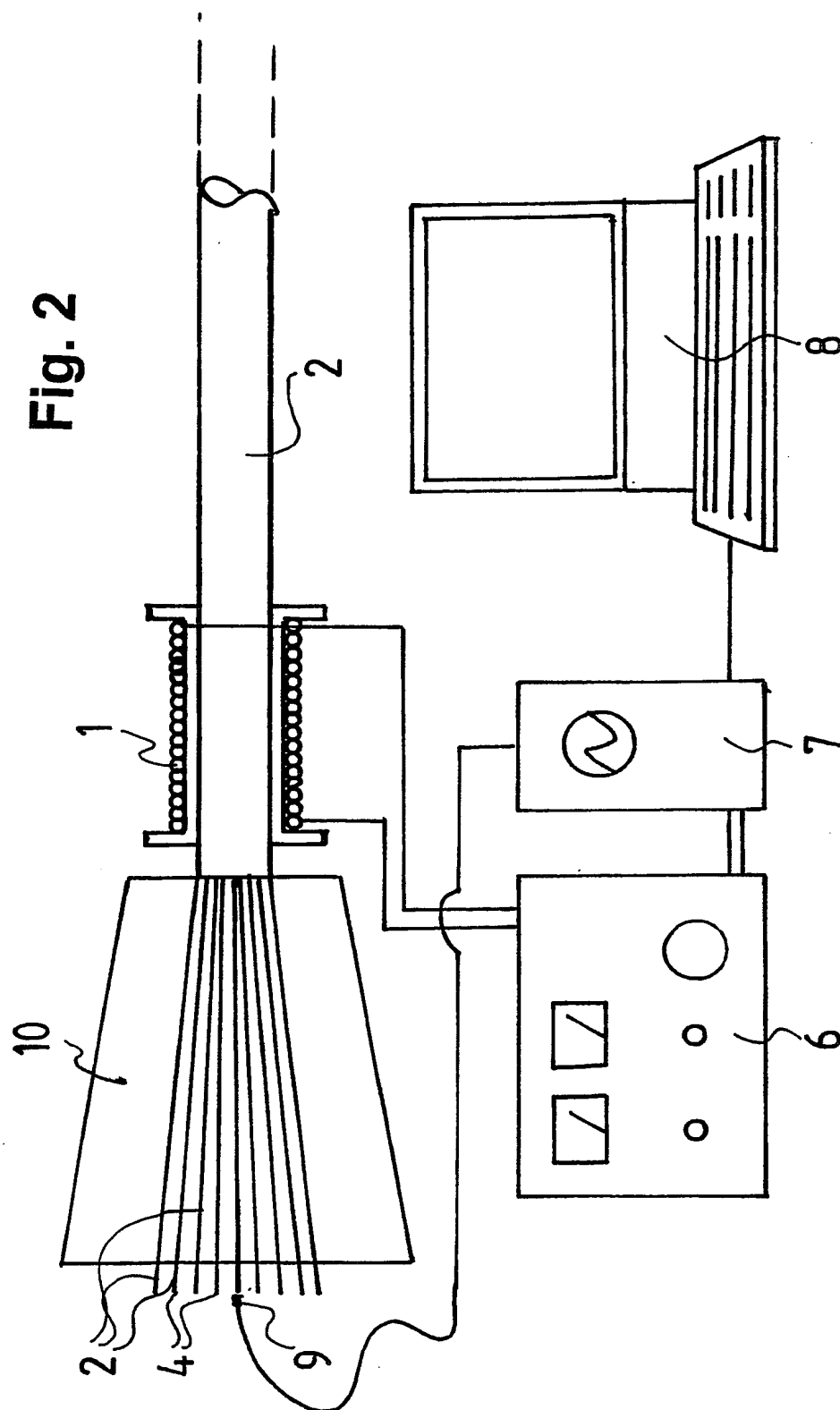


Fig. 3a

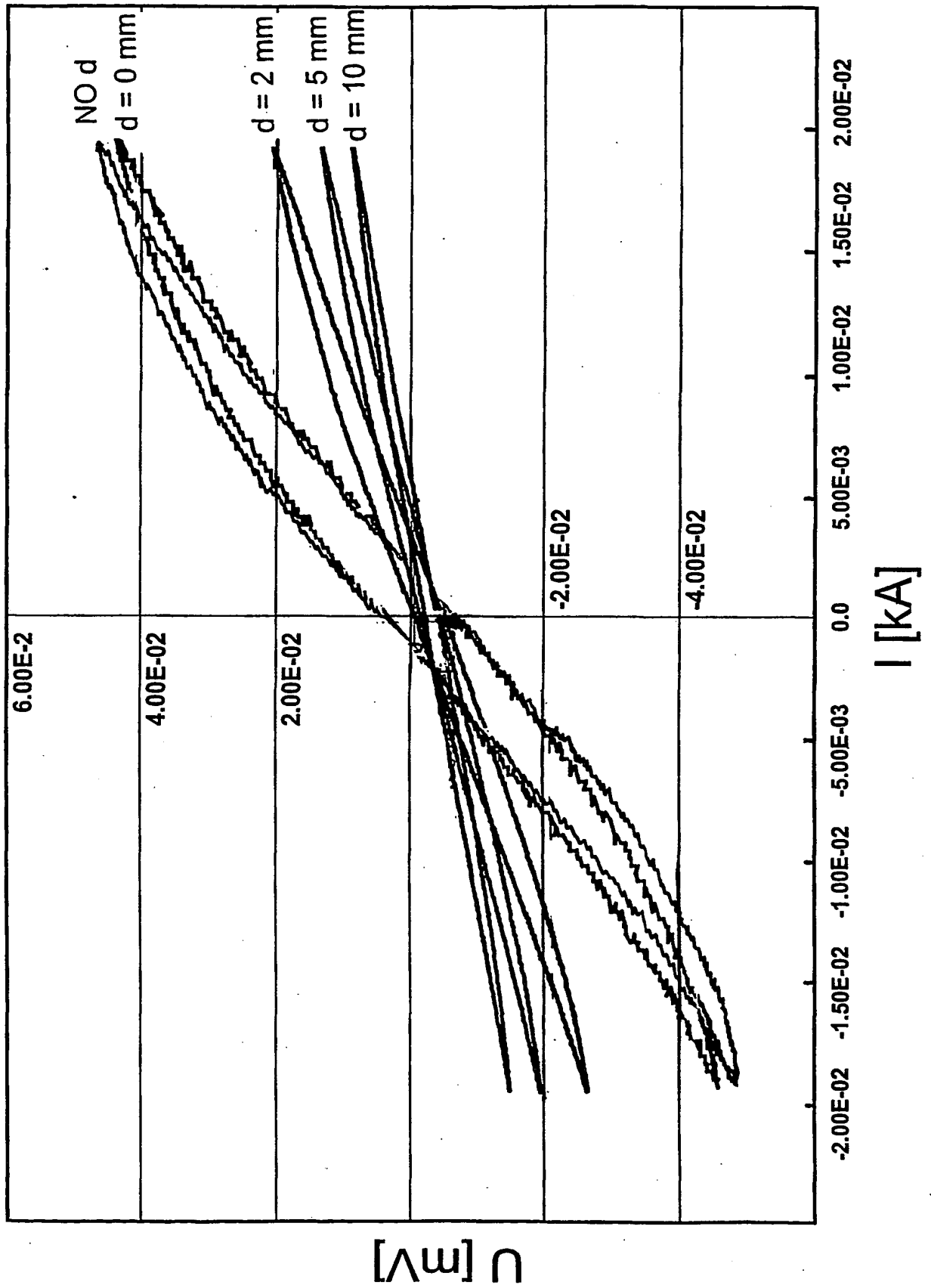


Fig. 3b

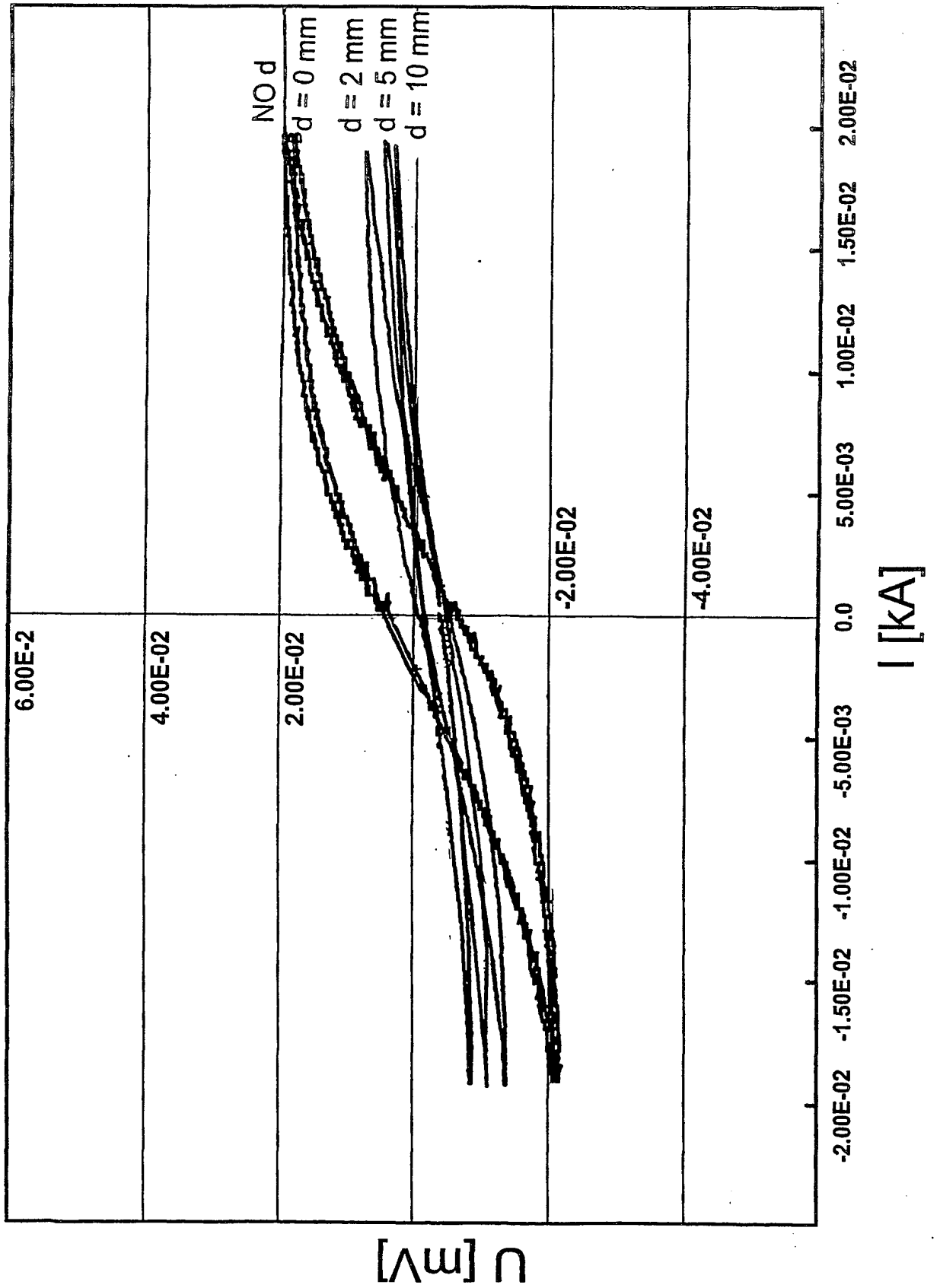


Fig. 3c

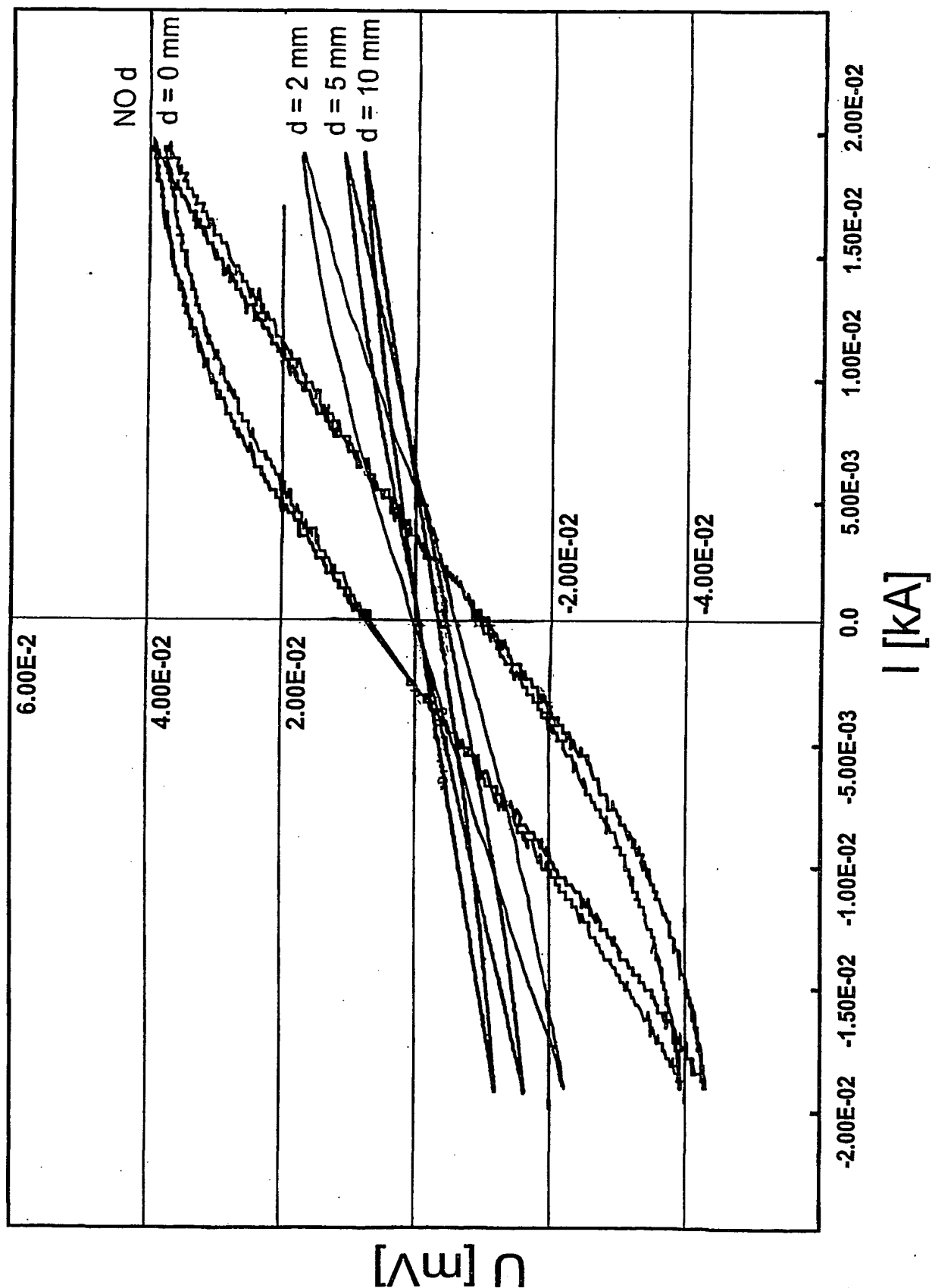


Fig. 3d

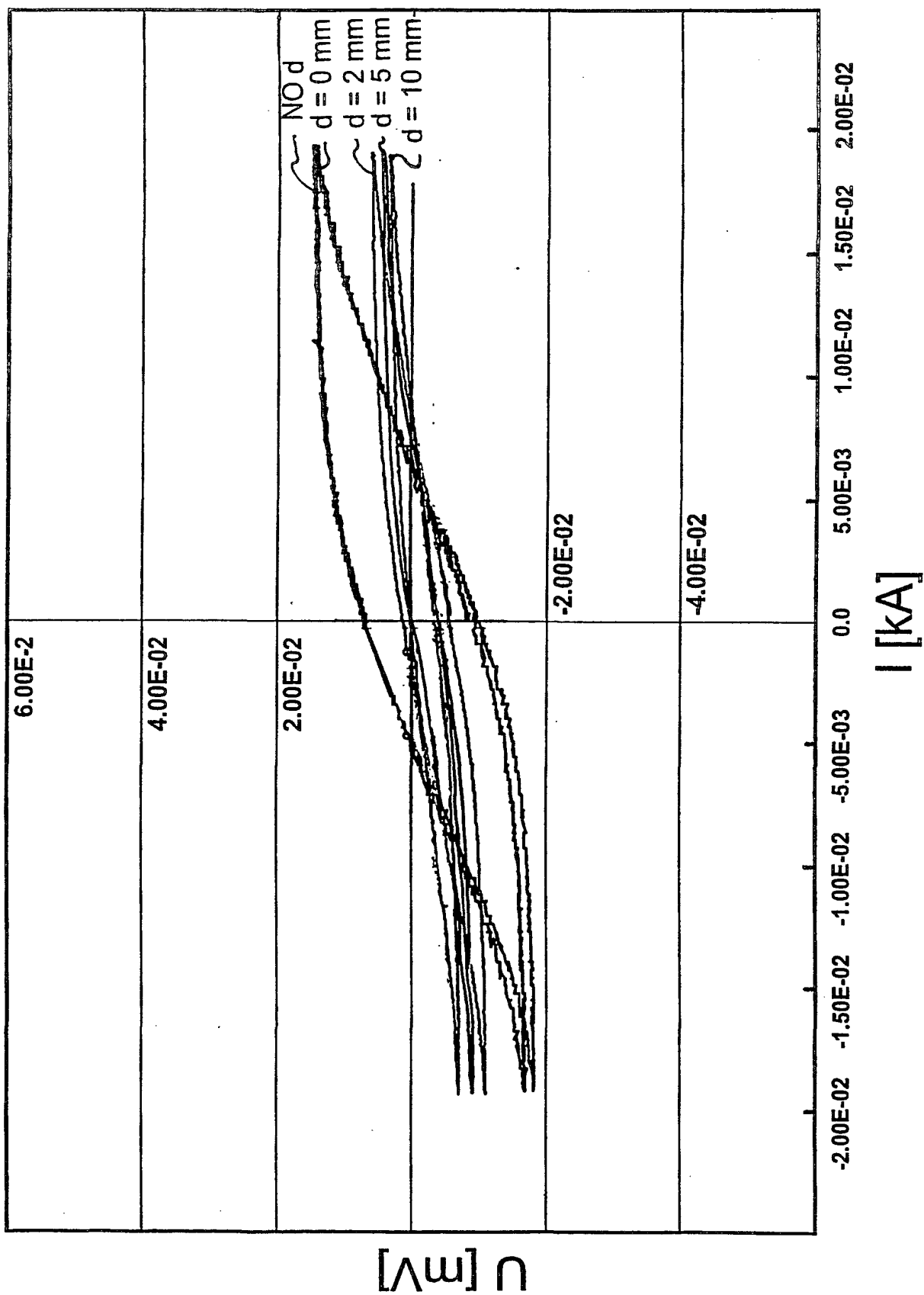
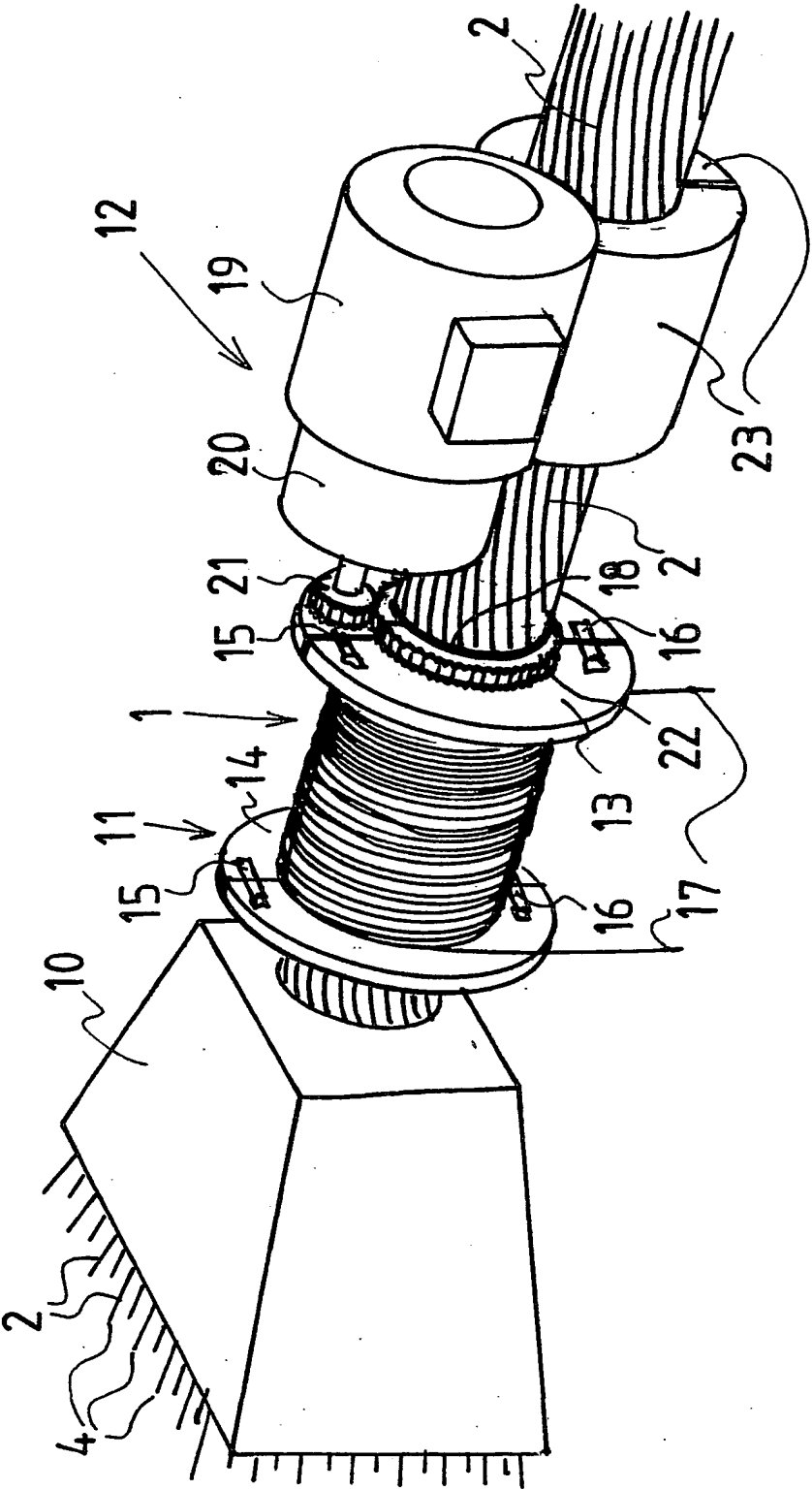
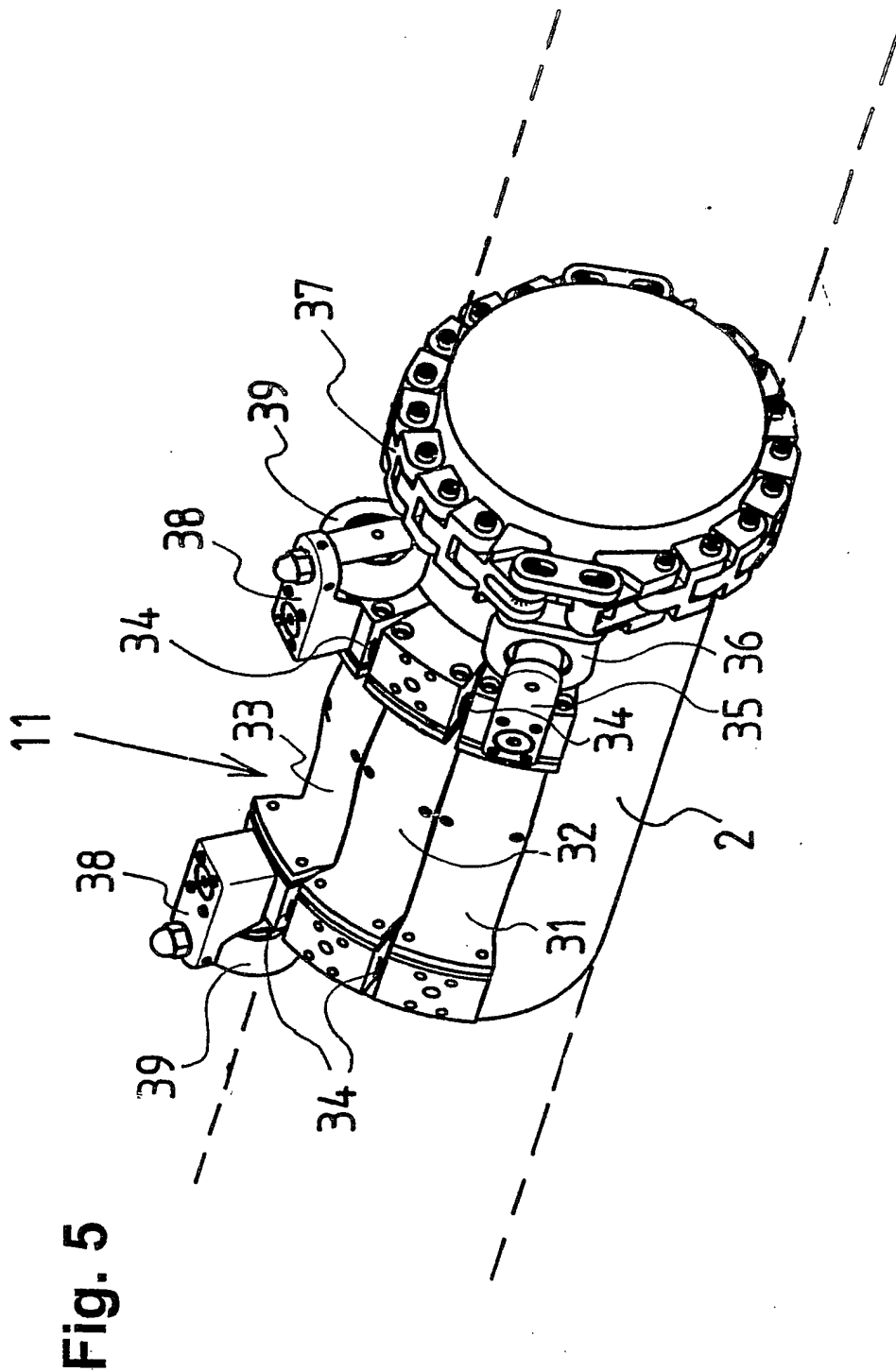
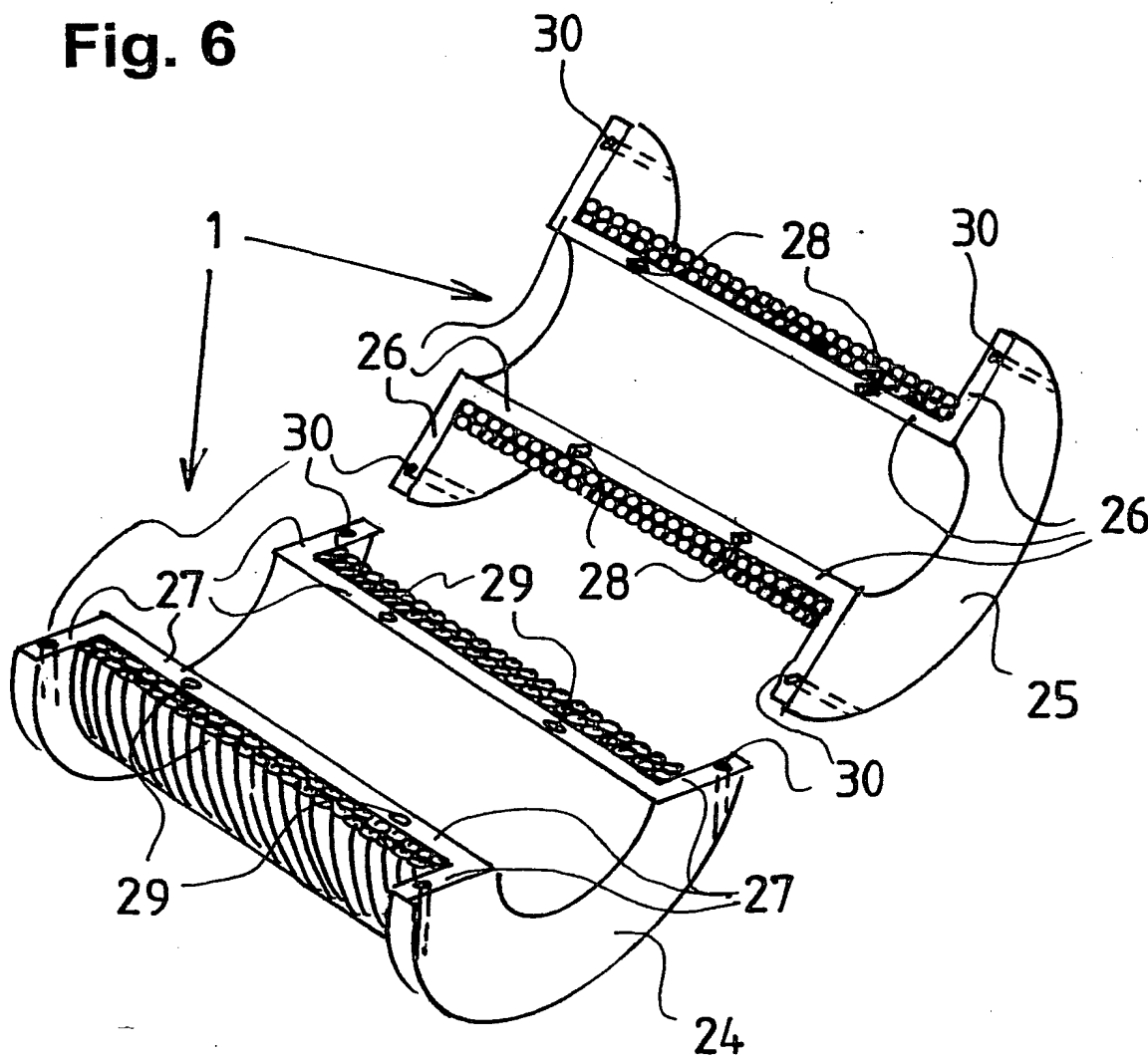


Fig. 4





9/9

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PC, CH 01/00401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N27/82

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 096 437 A (KITZINGER FRANK ET AL) 20 June 1978 (1978-06-20) abstract; figure 1 ---	1-3,7
A	DE 15 73 911 B (UNISEARCH LTD) 4 March 1971 (1971-03-04) the whole document ---	1-3,7
A	US 5 457 994 A (KWUN HEGEON ET AL) 17 October 1995 (1995-10-17) column 12, line 31 -column 13, line 11; figures 9A,9B -----	1,2,7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2001

Date of mailing of the international search report

26/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meyer, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/CH 01/00401

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4096437	A	20-06-1978	CA 1038037 A1	05-09-1978
			AT 376805 B	10-01-1985
			AT 317477 A	15-05-1984
			CH 615758 A5	15-02-1980
			FR 2350600 A1	02-12-1977
			GB 1539313 A	31-01-1979
			IT 1084632 B	25-05-1985
			SE 424775 B	09-08-1982
			SE 7705144 A	07-11-1977
DE 1573911	B	04-03-1971	GB 1067769 A	03-05-1967
US 5457994	A	17-10-1995	US 5456113 A	10-10-1995
			US 5581037 A	03-12-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH 01/00401

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01N27/82

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 096 437 A (KITZINGER FRANK ET AL) 20. Juni 1978 (1978-06-20) Zusammenfassung; Abbildung 1	1-3,7
A	DE 15 73 911 B (UNISEARCH LTD) 4. März 1971 (1971-03-04) das ganze Dokument	1-3,7
A	US 5 457 994 A (KWUN HEGEON ET AL) 17. Oktober 1995 (1995-10-17) Spalte 12, Zeile 31 -Spalte 13, Zeile 11; Abbildungen 9A,9B	1,2,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

A Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Oktober 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

26/10/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meyer, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/CH 01/00401

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4096437	A	20-06-1978	CA 1038037 A1 05-09-1978
			AT 376805 B 10-01-1985
			AT 317477 A 15-05-1984
			CH 615758 A5 15-02-1980
			FR 2350600 A1 02-12-1977
			GB 1539313 A 31-01-1979
			IT 1084632 B 25-05-1985
			SE 424775 B 09-08-1982
			SE 7705144 A 07-11-1977
DE 1573911	B	04-03-1971	GB 1067769 A 03-05-1967
US 5457994	A	17-10-1995	US 5456113 A 10-10-1995
			US 5581037 A 03-12-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)